

# Etablissement d'une cocoteraie sur tourbe profonde

## Setting up coconut plantations on deep peat soils

R. OCHS (1), A. de BENGY (2), X. BONNEAU (3)

**Résumé.** — La mise en valeur agricole des tourbes profondes pose des problèmes particuliers car il s'agit d'un support très différent des sols minéraux habituels. C'est une accumulation, sur 4 à 6 mètres d'épaisseur, de matière végétale mal décomposée, noyée dans une nappe d'eau affleurante. Les techniques d'aménagements ont été mises au point dans le cadre d'une plantation de cocotier réalisée par la Société Riau Sakti United Plantations dans la Province de Riau en Indonésie. La structure du projet est gouvernée par le réseau de drainage : canaux primaires perpendiculaires au rivage, recueillant les eaux des secondaires ouverts à angle droit à une équidistance de 500 m, entre lesquels sont disposées les parcelles unitaires de 50 ha ( $500 \times 1\,000$  m). Ces parcelles sont enfin drainées par des canaux tertiaires étroits et profonds de un mètre, parallèles aux futures lignes de cocotier à équidistance de 112 m. La nappe phréatique est contrôlée à une profondeur de  $\pm 70$  cm par des portes à hauteur réglable disposées sur les canaux secondaires. La forêt est abattue et les bois non utilisés comme bois d'œuvre, sont brûlés aussi bien que possible. Les restes sont andainés au bulldozer type D6, équipés de chenille de 90 cm pour dégager la ligne de plantation. La tourbe drainée est ensuite compactée par le passage d'un rouleau de 10 tonnes équipé de « pieds de mouton » qui déprime la tourbe d'environ 50 cm sur une largeur de 3 mètres dans l'axe de la future ligne. Ce compactage stabilise le support et évite le déchaussement ultérieur des cocotiers sous l'effet de la subsidence naturelle. La plantation est effectuée à une profondeur de 15 cm pour les mêmes raisons et à la densité de 179 cocotiers par hectare (8 m sur la ligne et 7 m entre les lignes). Faute de pouvoir installer une couverture de légumineuses rampantes, l'interligne est occupé par une repousse naturelle de fougères sans effet dépressif sur la croissance des cocotiers. Le contrôle des fougères est limité à un rond autour des cocotiers et à une allée le long de la ligne de plantation. C'est le round-up qui, à ce jour, donne les meilleurs résultats.

**Mots clés.** — Cocotier, sol tourbeux, Sumatra, techniques culturales.

### INTRODUCTION

La surface occupée par les formations tourbeuses en Indonésie est considérable : plusieurs centaines de milliers d'hectares (16 millions d'hectares d'après Andriess, 1974), dont les étendues les plus importantes se trouvent sur la côte Est de Sumatra et la côte Ouest de Bornéo. Ces tourbes sont d'accès et d'aménagement très difficile, mais elles suscitent un intérêt croissant du fait de leur potentiel agricole.

Ainsi, la société Riau Sakti United Plantations a-t-elle décidé d'implanter une cocoteraie sur tourbe, dans la région

**Summary.** — Agricultural development of deep peat soils poses particular problems, since it is a very different medium from the usual mineral soils. It is a 4 to 6 metre accumulation of poorly decomposed plant matter, submerged in a water table reaching the surface. Land improvement techniques have been developed for a coconut plantation set up by Riau Sakti United Plantations in Riau Province, Indonesia. The structure of the project is determined by the drainage network : primary canals perpendicular to the shore, collecting water from secondary canals leading off at a right-angle and 500 m apart, between which are located 50 ha elementary plots ( $500 \times 1,000$  m). The plots are drained by narrow 1 m deep tertiary canals laid out 112 m apart and parallel to the future coconut planting rows. The water table is maintained at a depth of  $\pm 70$  cm by adjustable-height sluice gates installed in the secondary canals. The forest was felled and wood not used for timber was burned as effectively as possible. Remnants were pushed into windrows using D6 type bulldozers, equipped with 90 cm tracks, to clear the planting rows. The drained peat was then compacted using a 10 tonne "sheep foot" roller, which flattened the peat by about 50 cm over a width of 3 m along the axis of the future planting rows. Compacting stabilizes the planting medium and prevents subsequent exposure of coconut roots caused by natural subsidence. The coconut palms were planted at a depth of 15 cm for the same reasons and at a density of 179 coconuts per hectare (8 m along the rows and 7 m between rows). As it was impossible to establish a creeping legume cover crop, the interrow is occupied by natural regrowth of ferns, with no depressive effect on coconut growth. Fern control is limited to a circle around the coconuts and a pathway along the planting row, using Round-Up, which has given the best results so far.

**Key words.** — Coconut, peat soil, Sumatra, cropping techniques.

### INTRODUCTION

The area covered by peat soils in Indonesia is considerable : several hundred thousand hectares (16 million according to Andriess, 1974), the most extensive areas are on the East coast of Sumatra and the West coast of Borneo. These peat soils are largely inaccessible and very difficult to develop, but are generating increasing interest due to their agricultural potential.

In view of this, the Riau Sakti United Plantations company decided to plant coconut on peat soils in the Guntung region,

(1) Directeur de la Division Agronomie de l'IRHO  
(2) Inspecteur des Plantations RSUP  
(3) Agronome cocotier IRHO

(1) Director, IRHO Agronomy Division  
(2) Inspector, RSUP Plantations  
(3) IRHO Coconut Agronomist

de Guntung, à une centaine de kilomètres environ au sud de Singapour, pour alimenter un complexe industriel utilisant la noix de coco fraîche comme matière première. Les coordonnées géographiques de la plantation sont : 0°30' latitude nord, 103°15' longitude est.

La première tranche du projet couvre une surface d'environ 20 000 ha, entre l'embouchure des rivières Guntung et Kampar, en face de l'île de Pulau Burung.

around a hundred kilometres south of Singapore, to supply an industrial complex using fresh coconut as a raw material. The coordinates of the plantation are 0°30' north, 103°15' east.

The first instalment of the project involves an area of around 20,000 ha, between the mouths of the rivers Guntung and Kampar, opposite Pulau Burung island.

## CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DU MILIEU

La tourbe est constituée d'une accumulation de matière végétale mal décomposée : elle a un aspect fibreux à l'état sec, spongieux à l'état humide, une très faible densité apparente et une très forte capacité de rétention d'eau, comme le montre le tableau I.

On voit sur le tableau I qu'il s'agit de matière organique presque pure (moins de 5 % de cendres après calcination), très hygroscopique (de 3 à 11 fois le poids sec) et très peu dense (0,1 g/cm<sup>3</sup>, soit de l'ordre de 10 fois moins qu'un sol minéral). La tourbe est donc un matériau spécifique, dont les propriétés physiques sont totalement différentes de celles d'un sol minéral, et qui réclame à ce titre un aménagement bien particulier.

## PHYSICAL CHARACTERISTICS OF THE ENVIRONMENT

Peat is an accumulation of poorly decomposed plant matter : it has a fibrous appearance when dry, spongy when wet, a very low bulk density and very high water retention capacity, as shown in table I.

Table I shows that it is almost pure organic matter (less than 5 % ash after calcination), highly hygroscopic (3 to 11 times its dry weight) and has a very low density (0.1 g/cm<sup>3</sup>, i.e. around 10 times less than mineral soils). Peat is therefore a specific material, whose physical properties are totally different from those of mineral soils, and therefore calls for particular development operations.

**TABEAU I.** — Caractéristiques physiques de la tourbe à Pulau Burung — (*Physical characteristics of peat soils at Pulau Burung*)

— Première série (novembre 1986) : le long du canal primaire 1 — (*First series - November 1986 - : along primary canal 1*)

Profil n° (Profile no.)	Profondeur de prélèvement (cm) (Sampling depth - cm)	Perte au feu (calcination à 450 °C) (Loss in fire - calcination at 450 °C)	Capacité d'absorption d'eau (% du poids sec) (Water absorption capacity - % dry weight)	Densité apparente (g de sol sec/cm <sup>3</sup> ) (Bulk density - g of dry soil/cm <sup>3</sup> )
1 (km 2,5)	0-20	95,7 %	318 %	0,101
	20-40	98,8 %	442 %	0,118
	40-40	98,2 %	549 %	0,096
2 (km 5)	0-20	97,0 %	326 %	0,072
	20-40	98,2 %	666 %	0,082

— Deuxième série (novembre 1989) : rive droite de l'Air Tawar, près du champ semencier n° 2 — (*Second series - November 1989 - : right bank of Air Tawar, near seed garden no. 2*)

Profil n° (Profile no.)	Profondeur de prélèvement (cm) (Sampling depth - cm)	Perte au feu (calcination à 450 °C) (Loss in fire - calcination at 450 °C)	Capacité d'absorption d'eau (% du poids sec) (Water absorption capacity - % dry weight)	Densité apparente (g de sol sec/cm <sup>3</sup> ) (Bulk density - g of dry soil/cm <sup>3</sup> )	Profondeur du substrat argileux (cm) (Depth of clay substratum - cm)
1	0-20	96,6 %	646 %	0,13	470
	20-40	97,0 %	1 150 %	0,08	
2	0-20	97,5 %	487 %	0,17	490
	20-40	95,1 %	633 %	0,15	
3	0-20	95,6 %	567 %	0,15	550
	20-40	—	1 100 %	0,10	
4	0-20	97,3 %	500 %	0,12	540
	20-40	98,6 %	757 %	0,09	

On remarquera que les valeurs des paramètres physiques obtenus sur la tourbe de Pulau Burung (teneur en matière organique, capacité de rétention d'eau, densité apparente) sont cohérentes avec celles données par d'autres auteurs sur le même type de matériau [1], [2], [3], [5], [6], [7], [8].

On notera aussi que l'épaisseur du matériau est importante : 4 à 6 mètres de tourbe dans les profils sondés du tableau I. Cela signifie qu'en dehors des bordures de rivières ou des fonds de talwegs (à pente très douce, où s'écoulent les eaux de la nappe), dans lesquels la tourbe est moins épaisse et moins pure, il faut aménager un milieu organique pratiquement pur et très homogène, latéralement et verticalement jusqu'à 4 mètres de profondeur, au moins. Le substratum, constitué d'un sédiment argileux marin, est hors de portée des racines.

La végétation naturelle est une forêt dense, de 25 à 30 m de hauteur de cime, avec un sous-bois très enchevêtré. La forte pluviométrie (2 500 à 3 500 mm annuels), la nature spongieuse du matériau et la platitude de la topographie font qu'une nappe d'eau affleure presque partout : les seuls exutoires naturels sont de petites rivières au cours sinueux qui prennent naissance dans la tourbe et vont se jeter dans la mer ou les grands fleuves voisins.

C'est un milieu particulièrement difficile à mettre en valeur, ce qui explique que les habitants se soient tous installés en bordure de la côte ou de la rive des grands fleuves qui traversent le bassin tourbeux, sans pénétrer, notablement sur la tourbe profonde de l'intérieur.

## STRUCTURE DU PROJET - DRAINAGE ET CONTROLE DE LA NAPPE PHREATIQUE

### Structure du projet

La structure du projet a été établie à partir de quatre canaux primaires allant du centre du bassin tourbeux vers la mer pour les canaux I et II et vers la rivière Guntung pour les canaux III et IV (Fig. 1). Les canaux secondaires sont ouverts perpendiculairement, à équidistance de 496 m, des deux côtés du canal primaire. Les canaux tertiaires, perpendiculaires aux canaux secondaires et parallèles aux futures lignes de plantation, sont ouverts tous les 112 m, c'est-à-dire toutes les 16 lignes de cocotiers plantées à 7 m d'intervalle (selon un dispositif de plantation en triangle équilatéral : 8 m sur la ligne, 7 m sur l'interligne, soit 179 cocotiers par hectare).

Le bloc unitaire de plantation est délimité par deux canaux secondaires voisins (496 m) et par deux canaux tertiaires distants de 1 008 m (9 x 112 m). Il contient donc 8 canaux tertiaires en plus des deux canaux tertiaires qui le bordent. Sa surface est égale à  $496 \times 1\,008 \approx 50$  ha, et contient 144 lignes de 60 cocotiers, soit 8 640 arbres, ou 48 ha nets (en déduisant la surface occupée par les canaux secondaires et leurs berges).

La disposition et les dimensions de cet ensemble ont été choisies en fonction d'un compromis entre les contraintes de drainage d'une part et d'exploitation de la cocoteraie d'autre part.

L'idée maîtresse donnée par le promoteur du projet, et adoptée par tous a été de considérer les canaux primaires et secondaires comme les principales voies d'accès aux parcelles : transport des plants, des engrais, des carburants, des matériaux de construction, et plus tard de la récolte. Les projets de réseau routier ou de chemin de fer à voie étroite ont donc été abandonnés à ce jour. À l'exception de quelques rares grandes voies de liaison qui sont à l'étude. Cette option a permis de faire l'économie d'infrastructures très coûteuses et très difficiles à construire et à entretenir. La surveillance permanente des plantations et des travaux est assurée par de petits bateaux, des scooters d'eau, et surtout par des motocyclettes, qui circulent relativement aisément sur d'étroits chemins compactés le long des berges.

*The physical parameter values obtained on the peat soils at Pulau Burung (organic matter content, water retention capacity, bulk density) tally with those quoted by other authors for this type of material [1], [2], [3], [5], [6], [7], [8].*

*Soil depth is also substantial : 4 to 6 m of peat in the profiles studied for table I. This means that except for river banks and talweg bottoms (with very gentle slopes, containing groundwater), in which the peat is shallower and less pure, the soil to be developed is almost pure organic matter, highly homogeneous both horizontally and vertically, to a depth of at least 4 m. The substratum, which is made up of a marine clay sediment, is beyond the reach of roots.*

*The natural vegetation is a dense forest, with trees 25 to 30 m tall and very dense undergrowth. The high annual rainfall (2,500 to 3,500 mm), the spongy nature of the material and the flat relief mean that there is surface water almost everywhere. The only natural drainage is small, meandering rivers whose source is in the peat soil and which empty into the sea or neighbouring major rivers.*

*This environment is particularly difficult to develop, which explains why the inhabitants all choose to live on the coast or along the major rivers that cross the peat basin, without any major incursions onto the peat soils inland.*

## PROJECT STRUCTURE - DRAINAGE AND CONTROL OF THE WATER TABLE

### Project structure

*The project structure centres on four primary canals leading from the centre of the peat basin to the sea - canals I and II - and towards the River Guntung - canals III and IV - (Fig. 1). The secondary canals are 496 m apart, either side of the primary canal and perpendicular to it. Tertiary canals, perpendicular to the secondary canals and parallel to the future planting rows, have been dug every 112 m, i.e. every 16th row of coconuts planted 7 m apart (in an equilateral triangle design). 8 m along the row, 7 m interrows, i.e. 179 trees per hectare.*

*Each planting block is bordered by two neighbouring secondary canals (496 m) and two tertiary canals 1,008 m apart (9 x 112 m). It therefore contains 8 tertiary canals, in addition to the tertiary canals down two sides. It has an area of  $496 \times 1\,008 \approx 50$  ha, and contains 144 rows of 60 trees, i.e. 8,640 trees or a nett area of 48 ha (having deducted the area occupied by the secondary canals and the banks).*

*The layout and size of the project area were chosen as a compromise between drainage constraints and plantation management.*

*The governing idea, suggested by the project promoter and adopted by all the partners, was to consider the primary and secondary canals as the main access routes into the plots : plant, fertilizer, fuel and building material transportation and later harvesting. Plans for road or narrow-gauge rail networks were abandoned, except for the possibility, now being studied, of a few major link roads. This option meant that there was no longer a need for infrastructures that are extremely costly and difficult to build and maintain. Small boats, water scooters, and particularly by motorbikes, which can quite easily use the narrow, compacted tracks alongside the canals, are used for regular supervision of planting and subsequent operations.*

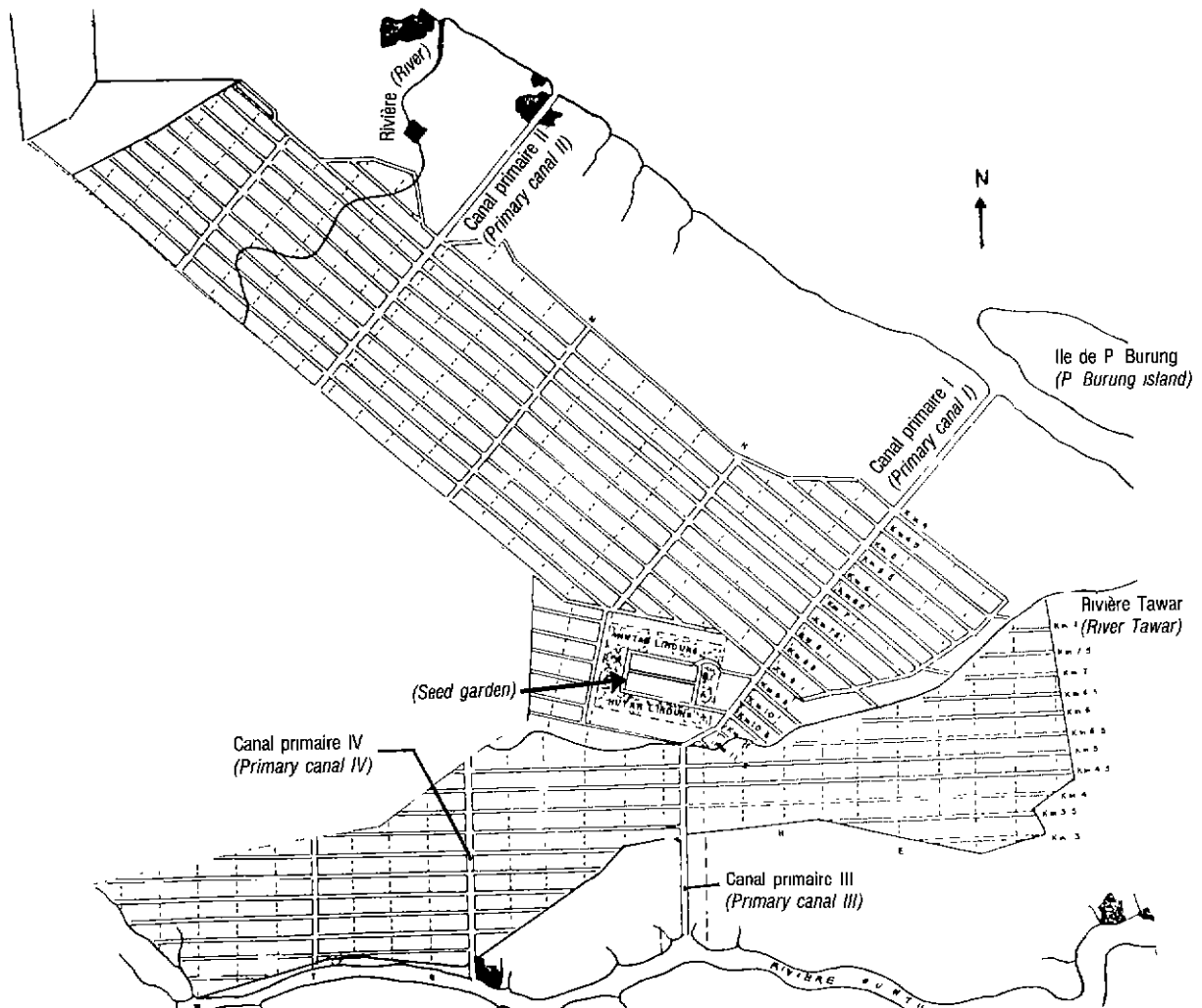


FIG. 1. — Plantation RSUP — (RSUP plantation).

Les dimensions des canaux primaires et surtout secondaires ont donc été ajustées en fonction de l'usage, pour permettre la circulation et le croisement de petites barges, ce qui a conduit, en règle générale, à les surdimensionner par rapport à la capacité d'évacuation des eaux pluviales. Les canaux primaires, dont les berges sont en forme de V, ont une largeur qui varie de 18 à 25 mètres et une profondeur de 5 mètres (la profondeur de l'eau varie entre 2 et 4 mètres). Ils sont fermés à leur embouchure avec un trop-plein, de façon à garder un niveau d'eau constant indépendamment des marées. Les canaux secondaires ont une largeur de 4 mètres et une profondeur de 3 mètres.

#### Drainage des blocs

Une fois le plan du réseau des canaux secondaires achevé, il restait à déterminer la densité du réseau tertiaire. Les premiers blocs, préparés pendant le deuxième semestre 1986 et utilisés pour la mise au point des techniques, n'avaient pas encore de canaux tertiaires. On s'est rendu compte, très rapidement, que les travaux d'andainage et de compaction effectués par les bulldozers D6D, pourtant équipés en LGP (low ground pressure), étaient rendus extrêmement difficiles par la proximité de la nappe : enlèvement total avec recours au treuil fréquemment, ou enlèvements partiels dont les bulldozers s'échappaient, mais en laissant d'énormes trous et bosses qu'il aurait fallu niveler par la suite. En effet, la hauteur des plants au-dessus de la nappe doit être à peu près constante ; pour une profondeur moyenne de 70 cm, il

*The size of the primary and particularly the secondary canals was adjusted according to their use, to enable small barges to circulate in both directions, which generally meant that they were larger than necessary for simple rainwater evacuation. The primary canals, with a V-shaped bed, are between 18 and 25 m wide and 5 m deep (the water depth varies from 2 to 4 m). The mouth is closed off by an overflow gate, to ensure a constant water level, independent of tides. The secondary canals are 4 m wide and 3 m deep.*

#### Block drainage

*Once the secondary canal plan had been drawn up, the density of the tertiary network had to be determined. The first blocks, prepared during the second half of 1986 and used to perfect techniques, did not have tertiary canals. It soon became clear that the windrowing and compaction work carried out using D6D bulldozers was made extremely difficult by the high water table, even though they were fitted with LGP (low ground pressure) equipment. The bulldozers became totally bogged down and winches often had to be used, or they were only partly bogged down and managed to pull away, but left enormous holes and humps that then had to be levelled off, as the trees should all be planted at more or less the same height above the water table : for a mean depth of 70 cm, variations of more than around 30 cm are unacceptable. It was therefore*



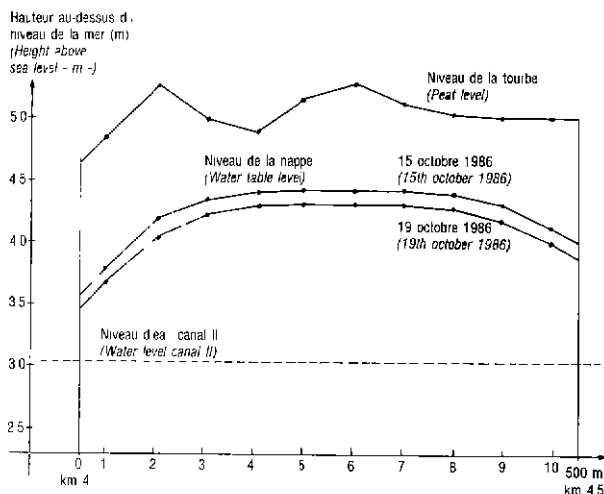


FIG. 2. — Niveau de la nappe phréatique — (Water table level).

n'était pas raisonnable de tolérer plus que plus ou moins 30 cm de dénivellation. On a donc décidé d'ouvrir les canaux tertiaires si possible avant de faire entrer les bulldozers. Ils sont creusés dans l'axe d'un futur interligne, à la dimension de 1,50 m de profondeur et 0,70 m de largeur (largeur du godet de l'excavateur), avec des parois verticales.

Pour définir l'équidistance entre deux drains tertiaires, l'étude des variations du niveau de la nappe phréatique a été entreprise dans une parcelle standard de 50 ha, en l'équipant d'un réseau de piézomètres. Les résultats (Fig. 2) montrent que la nappe est relativement plane entre deux canaux secondaires, et ne s'incline qu'à environ 25 m du bord. La profondeur moyenne de l'eau libre varie en fonction du bilan entre les apports de pluie et la vitesse de drainage (Fig. 3). Entre le 15 et le 19/10/86, la nappe descend régulièrement de 30 mm par jour en l'absence de pluie ou presque. Entre le 19 et le 22/10, après 3 jours de fortes pluies totalisant 65 mm, le niveau d'eau remonte légèrement : on peut calculer que la remontée aurait été de 110 mm en tenant compte du rythme moyen d'abaissement de la nappe. Cela signifie qu'une pluie de 65 mm occupe une hauteur de 110 mm dans la tourbe ; en d'autres termes, la porosité du milieu (volume des vides) représente  $65/110 = 60\%$  du volume de la tourbe en place.

Un modèle très simple basé sur ces données a permis de montrer par simulation que l'absence de drainage tertiaire aboutirait, sur tourbe compactée de 50 cm, à une profondeur d'eau inférieure à 40 cm pendant 112 jours par an, ce qui paraît inacceptable pour le cocotier. Avec les mêmes données, et en supposant que la vitesse de drainage soit proportionnelle à la longueur des drains, on a calculé que l'équidistance des drains tertiaires devait être de l'ordre de 100 m (on a retenu 112 m). En effet, la vitesse de descente de la nappe est alors approximativement 5 fois plus grande, soit de l'ordre de 15 cm/jour, ce qui permet de rabattre la nappe en 4 à 5 jours secs après une inondation.

Les fortes pluies enregistrées au début janvier 1987 (525 mm en 14 jours) ont provoqué l'inondation des trois premiers blocs préparés à cette époque : mais dans le bloc 01/01, déjà équipé en drains tertiaires, on a constaté que le niveau d'eau s'était abaissé en trois jours à plus de 50 cm de profondeur (Fig. 4), ce qui a justifié le choix initial. Par la suite, les contrôles systématiques effectués en permanence ne l'ont jamais remis en cause.

#### Contrôle du niveau d'eau

Le niveau d'eau dans la tourbe doit être maintenu à une profondeur relativement faible pour deux raisons principales. La densité apparente de la tourbe brute ennoyée est très faible : 0.1 g/cm<sup>3</sup> environ (cf. paragraphe : « caractéristiques

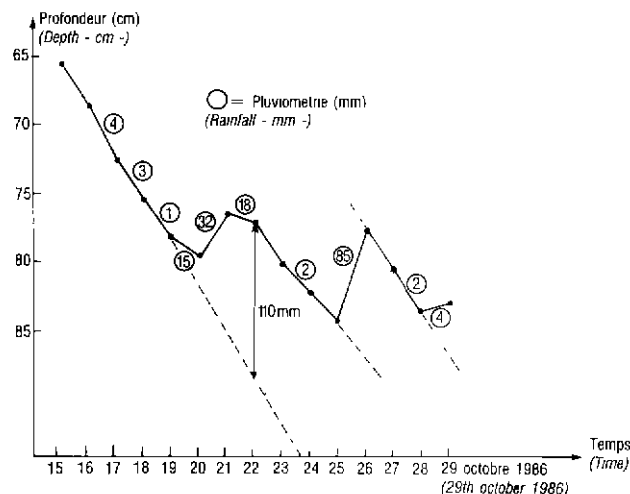


FIG. 3 — Variations journalières de la profondeur moyenne de la nappe d'eau libre dans la tourbe — (Daily variations in mean free water level in peat)

decided that the tertiary canals should be dug before using bulldozers, if possible. They are dug along future interrows, 1.50 m deep and 0.70 m wide (the width of the excavator bucket), with vertical walls.

To determine the distance between tertiary canals, a study of variations in water table level was undertaken in a standard 50 ha plot by installing a network of piezometers. The results (Fig. 2) show that the water table was relatively level between two secondary canals, and only sloped around 25 m from the edge. The mean depth of the free water varied depending on the balance between rainfall and drainage speed (Fig. 3). Between 15 and 19/10/86, the water table fell regularly by 30 mm per day, as there was little or no rainfall. Between 19 and 22/10, after 3 days of very heavy rainfall (total 65 mm), the water level rose slightly : the rise would have been 110 mm, allowing for the mean rate of fall in the water table. This means that 65 mm of rain take up 110 mm in peat soils ; in other words, the porosity of the soil (space volume) is  $65/110 = 60\%$  of the total volume of the peat.

A very simple model based on these data showed by simulation that on 50cm deep compacted peat soils the lack of tertiary drainage would lead to a water table less than 40cm down for 112 days per year, which is unacceptable for coconut. With the same data, and supposing that the drainage speed is proportional to the length of the drains, it was calculated that the distance between the tertiary drains should be around 100 m (112 m was chosen). With this distance, the water table falls roughly 5 times more quickly, i.e. 15 cm/day, which means that it can be brought back to its normal level within 4 to 5 days after flooding.

The heavy rainfall recorded at the beginning of January 1987 (525 mm in 14 days) led to flooding in the first three blocks prepared at the time ; however, in block 01/01, which already had tertiary drains, the water table fell to below 50 cm in three days (Fig. 4), which justified the initial decision. Subsequent on-going routine checks have never suggested the contrary.

#### Controlling the water table

The water table in the peat has to be kept fairly close to the surface for two main reasons. The bulk density of submerged natural peat is very low around 0.1 g/cm<sup>3</sup> (see section 1). It is roughly double in the drained area, due to compaction and

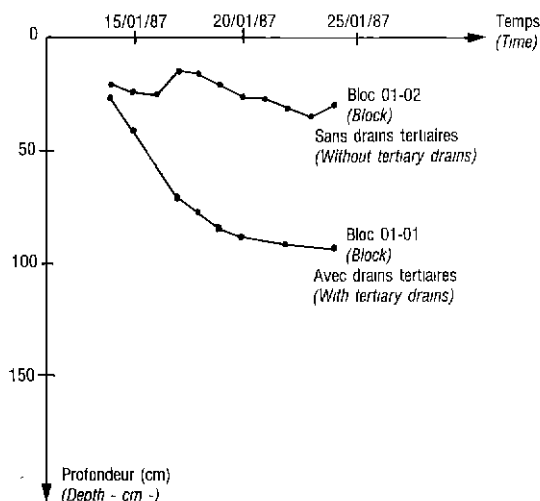


FIG 4 — Niveau de la nappe phréatique avec ou sans drainage tertiaire —  
(Water table level with and without tertiary drainage)

physiques du milieu »). Elle double approximativement dans la partie drainée, par compaction et subsidence, de sorte que l'épaisseur initiale de la partie drainée diminue de moitié, avec risque de déchaussement des cocotiers et perte d'altitude pour la pente de drainage. Il faut donc éviter d'exagérer le phénomène en drainant trop profondément, ce qui aboutirait d'autre part à un dessèchement irréversible de la couche superficielle : perte des propriétés hygroscopiques et danger d'incendie.

En revanche, il faut drainer suffisamment profond pour que le système racinaire des cocotiers ne souffre pas d'asphyxie. On a retenu une profondeur moyenne de 70 cm sous la surface de la tourbe compactée, en considérant que les imperfections du système nous permettraient d'obtenir une profondeur réelle comprise entre 40 et 100 cm ( $\pm 30$  cm). Par expérience, nous savons que le cocotier tolère une nappe phréatique à 40 cm, à condition de maintenir cette nappe stable, en permanence ou presque. En effet, on a observé en Côte-d'Ivoire, sur sols minéraux, que les cocotiers craignaient beaucoup plus les variations saisonnières du niveau de nappe phréatique (alternance hydromorphie-assèchement) que la présence d'une nappe phréatique permanente à faible profondeur (à condition toutefois qu'il y ait quelques centimètres de sol exondé).

Il fallait donc en définitive maintenir une profondeur de nappe aussi constante que possible autour d'une valeur moyenne de 70 cm. Cet objectif a été atteint en équipant les canaux secondaires à leur embouchure dans le primaire de portes à hauteur réglable, formant barrage et déversoir. Quelques portes intermédiaires ont été installées sur les canaux secondaires les plus longs, ou à pente plus sensible. Ces portes ont été construites en bois de façon très rustique dans un premier temps, par paires, à une distance de 20 mètres l'une de l'autre pour répartir la pression d'eau et servir éventuellement d'écluses permettant aux barges de franchir les dénivellations correspondantes (Fig. 5). Il faudra leur trouver une forme définitive, lorsque les transports s'intensifieront au moment des récoltes.

Des portes sur les canaux tertiaires (une palissade formée de deux ou trois planches étayées avec de la tourbe) réglées à 70 cm, permettent de maintenir le niveau d'eau dans les parcelles, lorsque le niveau d'eau dans le canal secondaire s'abaisse trop (rupture d'une porte, période sèche prolongée). L'expérience a montré que cette sécurité supplémentaire fonctionne de façon satisfaisante sans empêcher l'évacuation des eaux de drainage par forte pluie.

## PREPARATION DU TERRAIN

### Abattage des arbres et exploitation du bois

Après avoir été délimitées par les canaux secondaires, les zones d'abattage sont distribuées à de petits entrepreneurs locaux qui se chargent de l'abattage. Le sous-bois, très riche

subsidence, and the initial depth of the drained part is halved, meaning that there is a risk of coconut roots being exposed and the drainage slope being reduced. Care should be taken to avoid exacerbating the phenomenon by draining too deep down, which would also lead to irreversible drying out of the surface layer : loss of hygroscopic properties and risk of fire.

However, the water table should be kept sufficiently low to prevent asphyxiation of the coconut root system. A mean depth of 70 cm below the surface of compacted peat appears to be about right, given that the imperfections of the system mean that the real depth is between 40 and 100 cm ( $\pm 30$  cm). Experience has shown that coconut can tolerate a water table at a depth of 40 cm, provided it is kept stable most if not all of the time. In fact, it has been seen on mineral soils in Côte d'Ivoire that coconuts suffer more from seasonal variations in the water table (alternate waterlogging/drying out) than from a permanently high water table (provided that there are at least a few centimetres of soil above water).

The water table therefore had to be kept as stable as possible, at a depth of around 70 cm. This was achieved by fitting the secondary canals with adjustable gates where they run into the primary canals, to act as barrages and sluice gates. A few intermediate gates were also installed on the longest secondary canals or those with steeper slopes. The wooden gates were initially very rudimentary and fitted in pairs, 20 m apart, to distribute water pressure and so they could be used as locks to enable the barges to negotiate the corresponding changes in level (Fig. 5). A more permanent system will have to be installed once harvesting begins and transportation is intensified.

Gates on the tertiary canals (a palissade comprising two or three planks propped up with peat), fixed at 70 cm, are used to maintain the water level in the plots if the water level in the secondary canal falls too much (broken gate, prolonged dry period). Experience has shown that this additional security measure functions satisfactorily without preventing drainage water evacuation after heavy rainfall.

## LAND PREPARATION

### Felling trees and use of wood

Once marked out by secondary canals, felling zones are allocated to small-scale local entrepreneurs who take charge of felling operations. The undergrowth, which has large numbers

en palmacées de petite taille (« pinang merah » entre autres) est nettoyé à la machette, tandis que les arbres sont abattus à la tronçonneuse (type Stihl 070). Il est recommandé d'orienter les arbres autant que possible selon l'axe des futurs andains, de façon à épargner un gros travail de rangement des troncs par la suite.

Pour des raisons agronomiques et phytosanitaires, il faut éliminer le maximum de bois des parcelles. On peut le brûler tout simplement, mais aussi en exploiter une partie, comme le fait RSUP.

Les grumes d'un diamètre supérieur à 30 cm sont dirigées par voie d'eau vers la scierie, où elles sont utilisées pour les besoins de la plantation : construction de maisons d'habitation, de hangars, de portes, d'écluses, etc.

Les bois d'un diamètre compris entre 10 et 30 cm sont dirigés par voie d'eau vers une usine (chip mill) où ils sont transformés en copeaux et vendus à des fabricants de pâte à papier japonais et taiwanais.

### Drainage

On a vu au paragraphe : « drainage des blocs qu'il fallait ouvrir les canaux tertiaires avant les opérations d'andainage et de compactage, afin de faciliter le passage des engins lourds. Les canaux sont ouverts au moyen d'excavateurs à chenilles type Kobelco, à faible pression au sol, qui ouvrent environ 200 m de canal par journée de travail (Tabl. II).

### Premier brûlage

Dans le cas où l'on n'utilise pas le bois comme matière première, on l'élimine par brûlage. On attend 3 à 4 mois après l'abattage, le temps pour les gros bois d'être suffisam-

of small palms (including « pinang merah ») is cleared using machetes, and the trees are felled with chainsaws (Stihl 070 type). It is recommended that the trees be felled as near in line with the future windrows as possible, so as to avoid subsequent extensive trunk moving work.

For agricultural and phytosanitary reasons, as much wood should be removed from the plots as possible. It can simply be burnt or some of it can be used, as at RSUP.

Logs more than 30 cm in diameter are floated to the sawmill, where they are used for plantation requirements : building houses, sheds, gates, sluices, etc.

Logs between 10 and 30 cm in diameter are floated to a chip mill where they are shredded and sold to Japanese and Taiwanese paper pulp manufacturers

### Drainage

In section 2.2., it was pointed out that the tertiary canals should be dug before windrowing and compacting operations, to facilitate the use of heavy machinery. The canals are dug using Kobelco type tracked excavators, with low ground pressure, which can dig around 200 m of canal per work day (Table II).

### Initial burning operation

If the wood is not used as a raw material, it is eliminated by burning 3 to 4 months after windrowing, to give the large logs time to dry out (annual rainfall is around 3,000 mm, evenly

TABLEAU II. — Caractéristiques des engins travaillant à RSUP — (Characteristics of the machinery used at RSUP)

Marque (Make)	Type (Model)	Moteur Puissance (CV) (Engine - Power - HP)	Poids (tonnes) (Weight - tonnes)	Surface portante des chaînes (m <sup>2</sup> ) (Track load-bearing area - m <sup>2</sup> )	Pression au sol (kg/cm <sup>2</sup> ) (Ground pressure - kg/cm <sup>2</sup> )	Travaux (Operations)	Rendement (Output)
Caterpillar (Caterpillar)	D6	162	16	6,72	0,237	Andainage Compactage (Windrowing - Compaction)	7 ha/jour (7 ha/day)
Kobelco	909	155	23	6,11	0,376	Creusement des canaux I et II (Digging I and II canals)	250 m/jour (250 m/day)
Kobelco	907	105	26	5,92	0,270	Creusement des canaux I et II (Digging I and II canals)	250 m/jour (250 m/day)
Kobelco	904	90	12	4,17	0,288	Creusement des canaux III (Digging III canals)	200 m/jour (200 m/day)
Kobelco	903	62	7,5	3,06	0,245	Creusement des canaux III (1) (Digging III canals)	175 m/jour (175 m/day)
RB (RB)	—	66	20	4,49	0,445	Entretien des canaux I (2) (Maintenance of I canals)	—
Compacteur (Compactor)	Spécial	—	10	—	—	Compactage (Compaction)	7 ha/jour (7 ha/day)

(1) Peut servir à l'andainage (équipé d'une pince qui saisit les troncs dans la ligne, les soulève et les pose sur l'andain) — (Can be used for windrowing - fitted with a gripper that picks the trunks up from the row and places them in the windrow).

(2) Équipé d'une benne traînante — (Fitted with a dredger bucket)

ment secs (rappelons qu'il pleut environ 3 000 mm par an, bien répartis, ce qui ne facilite pas le séchage). Il ne faut pas attendre plus de 4 mois, sinon le recrû, très envahissant, pourrait gêner le brûlage.

Tous les bois encore dressés, petits et gros, doivent être rabattus au sol alors qu'ils sont encore verts, car plus faciles à couper à ce moment-là.

On met le feu en remontant le vent, le long des lignes d'arbres abattus (d'où l'intérêt d'abattre les arbres de façon ordonnée, comme expliqué dans le paragraphe « abattage des arbres et exploitation du bois »).

La meilleure saison, pour le brûlage, est centrée sur le mois de février, où le temps est régulièrement sec. On doit donc organiser les chantiers pour avoir un maximum de brûlages à effectuer durant cette période. Il faut être très prudent lors de la saison sèche et bien maîtriser les foyers, car des feux peuvent se déclarer sur la plantation et consumer la tourbe sur des volumes considérables : il est arrivé qu'un mégot devienne le centre d'un foyer de combustion lente et provoque la formation d'un cratère d'où la tourbe a totalement disparu.

### Andainage

L'andainage est effectué par des bulldozers de type D6, équipés de chenilles à tuiles plates de 90 cm de largeur (Tabl. II). Ils poussent les billes de bois dans les andains. Ils travaillent généralement par deux, surtout dans les endroits mal drainés, au cas où l'un des engins s'embourbe et doive être treuillé par l'autre.

Il est important, lors de cette opération, de bien pousser les bois restant sur la ligne de plantation vers l'andain, et non pas de les enterrer sous le bulldozer.

### Compactage

Cette opération est indispensable. En effet, la tourbe drainée non compactée est un milieu instable, impropre au développement des cultures (cf. paragraphes « contrôle du niveau d'eau » et « plantation des cocotiers »). On a d'ailleurs toujours observé à Pulau Burung une meilleure croissance des cocotiers lorsque le terrain était bien compacté sur toute la surface (par exemple sur d'anciennes pépinières où de nombreux passages d'engins avaient compacté et nivelé le sol). Par conséquent, on compacte systématiquement les lignes de plantation, entre les andains, sur une largeur d'environ 3 m, soit environ 45 % de la surface d'une parcelle.

Le compactage est effectué par un bulldozer de type D6, tirant derrière lui un rouleau compacteur fabriqué spécialement pour les besoins de la plantation. Ce rouleau a une largeur de 3,05 m, un diamètre de 1,88 m, un poids de 10 tonnes (il peut être alourdi avec de l'eau ou des masses de béton). Il est équipé sur sa surface de 168 « pieds de mouton » : aspérités en forme de cône tronqué. La figure 6 montre le rouleau compacteur utilisé à RSUP.

*distributed, which does not facilitate drying out). It is important not to wait more than 4 months, as regrowth, which is highly invasive, could hinder burning.*

*All the trunks still standing, both small and large, should be cut down to soil level while they are still green, as they are easier to cut then.*

*The trees are burnt moving against the wind, along the rows of felled trees (hence the importance of felling the trees in an orderly way, as explained in section "felling trees and use of wood").*

*The best period for burning is around February, when the weather is usually dry. Operations should therefore be organized so that as much burning as possible can be carried out during this period. Great care should be taken during the dry season to control the fires, as they can easily spread through the plantation and burn considerable amounts of peat: a cigarette butt has been known to smoulder and lead to the formation of a crater in which all the peat has been burnt away.*

### Windrowing

*Windrowing is carried out by D6 type bulldozers fitted with 90 cm wide flat shoe tracks (Table II), which push the logs into the windrows. They generally work in pairs, particularly in poorly drained areas, in case one of them becomes bogged down and has to be pulled out by the other.*

*It is important to push the wood from the planting rows into the windrow and not bury it under the bulldozer.*

### Compacting

*This operation is essential. Drained, non-compacted peat is an unstable medium, unsuitable for crop development (see sections "controlling the water table" and "planting"). Better coconut growth has always been seen at Pulau Burung in zones where the whole area has been effectively compacted (for example former nurseries, where repeated use of machinery has compacted and levelled the soil). As a result, a 3 m wide strip is always compacted along the planting rows, between the windrows, i.e. around 45 % of the total area of a plot.*

*Compacting is carried out with a D6-type bulldozer dragging a roller behind it that was specially manufactured for plantation requirements. The roller is 3.05 m wide with a diameter of 1.88 m and weighs 10 tonnes (it can be made heavier with water or concrete weights). Its surface has 168 « sheep feet »: bumps in the form of truncated cones. Figure 6 shows the compacting roller used at RSUP.*

→

FIG. 5 — Porte sur canal II — (Gate on canal II).

FIG. 6. — Rouleau compacteur — (Compactor roller)

FIG. 7. — Parcelle bien préparée — (Well prepared plot)

FIG. 8. — Transport des plants par barge — (Transport of plants by barge)

FIG. 9. — Subsidence de tourbe — (Peat subsidence)

FIG. 10. — Rabattage des tougères sur les lignes et les ronds — (Fern slashing on rows and circles)





◀5



▲8



7



▼9

10



## Deuxième brûlage

Les bois incomplètement consumés lors du premier brûlage se retrouvent sur les andains. Ils sont regroupés en tas et un deuxième brûlage est effectué, en utilisant du gas-oil s'il n'y a plus assez de petit bois pour faire partir les feux. Après cette opération, la parcelle est considérée comme prête, et livrée à la plantation. La figure 7 représente une parcelle bien préparée : on remarquera la différence de niveau entre la ligne de plantation compactée et l'andain non compacté (environ 50 cm).

## PLANTATION DES COCOTIERS

Les opérations de plantation sont les mêmes qu'en sol minéral, à savoir : piquetage, trouaison, mise en place des plants. Ceux-ci sont transportés par barge, sur les canaux, depuis la pépinière jusqu'au lieu de plantation (Fig. 8). Au moment de la mise en place des cocotiers, il faut s'assurer que le niveau de la nappe est au-dessous du fond du trou de plantation, de façon à ne pas gaspiller l'engrais de fond.

La question de la profondeur de plantation se pose de façon particulièrement importante sur tourbe. En effet :

— d'une part, ce matériau, même compacté, est très peu dense (on passe de 0,1 g/cm<sup>3</sup> environ pour la tourbe non compactée à 0,15-0,20 g/cm<sup>3</sup> après compactage). Il y aura donc un problème d'ancrage des racines : Joseph K.T. *et al.*, (1974) constatent des basculements fréquents de palmiers à huile à l'âge de trois ans ;

— D'autre part, il se produit après drainage un phénomène de subsidence, dû au tassement de la tourbe plus sèche et à l'oxydation de la matière organique. Le tableau III montre les vitesses de subsidence mesurées à Pulau Burung sur l'essai RS ES 05. Les chiffres du tableau III sont cohérents avec ceux donnés par Andriesse (1974) : 6 cm/an en moyenne, beaucoup plus en première année, et Leong (1986) : 3,6 cm/an de 1958 à 1979, 2,5 cm/an de 1979 à 1984. On peut penser que la vitesse de subsidence va diminuer avec le temps, néanmoins on a constaté, sur des plantations villageoises voisines, en tourbe peu profonde, que de vieux cocotiers pouvaient être déchaussés d'un mètre environ, jusqu'au niveau du soubassement argileux (Fig. 9).

Il est, par conséquent, indispensable d'anticiper la subsidence de la tourbe en plantant les cocotiers plus profondément qu'en sol minéral. Mais jusqu'à quel point peut-on augmenter la profondeur de plantation sans déprimer le développement des jeunes cocotiers ? Pour répondre à cette question, nous avons mis en place une première expérience RS ES 12, qui compare trois méthodes de plantation dans des trous de 60 cm de profondeur :

— objet T : polybag au fond du trou, 15 cm de tourbe au-dessus de la noix ;

— objet A : polybag sur une couche de 10 cm de tourbe, 5 cm de tourbe au-dessus de la noix ;

## Second burning operation

*The wood that is not completely burnt during the initial operation is placed in the windrows. It is piled up and a second burning operation is carried out, using diesel oil if there is not enough tinder to light the fires. After this operation, the plot is considered to be ready for planting. Figure 7 shows a well prepared plot : note the difference in level between the compacted planting row and the non-compacted windrow (around 50 cm).*

## PLANTING

*Planting operations are the same as on mineral soils, i.e. : lining, digging holes, planting. The plants are transported by barge, along the canals, from the nursery to the planting site (Fig. 8). When planting the young trees, care should be taken to ensure that the water table is below the bottom of the planting hole, so as not to waste the fertilizers applied in the hole.*

*Planting depth is particularly important on peat, for two reasons :*

*— even when compacted, this material is not very dense at all (around 0.1g/cm<sup>3</sup> for non-compacted peat and 0.15 to 0.20 g/cm<sup>3</sup> after compacting). There will therefore be a problem with root anchorage : K.T. Joseph et al. (1974) note frequent toppling of three-year-old oil palms ,*

*— after drainage, a subsidence phenomenon is seen, due to settling of the drier peat and oxidation of the organic matter. Table III shows the subsidence rates measured at Pulau Burung in trial RS ES 05. The figures in table III tally with those quoted by Andriesse (1974) : 6 cm/year on average, much more in the first year, and Leong (1986) : 3.6 cm/year on average from 1958 to 1979, 2.5 cm/year from 1979 to 1984. It would be reasonable to think that the subsidence rate slows in time, but on shallow peat soils on neighbouring smallholdings, about a metre of the roots of old coconuts has been exposed, right down to the clay substratum (Fig. 9).*

*It is therefore essential to allow for peat subsidence by planting the trees deeper than on mineral soils. However, how far can the planting depth be increased without an adverse effect on young tree development ? An initial trial, RS ES 12, was set up to investigate this, comparing three planting methods in 60 cm deep holes :*

*— treatment T : polybag in the bottom of the hole, 15 cm of peat above the nut ;*

*— treatment A : polybag on a 10 cm peat layer, 5 cm of peat above the nut ;*

**TABLEAU III.** — RS ES 05 : subsidence de tourbe à Pulau Burung après drainage (cm/an) — (RS ES 05 : peat subsidence at Pulau Burung after drainage - cm/year)

	Première année (Year 1)	Deuxième année (Year 2)	Troisième année (Year 3)	Cumulé (Total)
Tourbe compactée (Compacted peat)	— 3,0	— 4,0	— 4,0	— 11,0
Tourbe non compactée (Non-compacted peat)	— 13,5	— 7,5	— 8,5	— 29,5

— objet B : polybag au fond du trou, 5 cm de tourbe au-dessus de la noix.

On constate sur le tableau IV que, non seulement la croissance des jeunes cocotiers n'est pas affectée par un enfouissement de 15 cm, mais, au contraire, que les cocotiers poussent mieux et sont, comme on pouvait s'y attendre, plus résistants aux coups de vents. Nous avons donc adopté une profondeur de plantation standard de 15 cm.

Il est même permis de se demander si 15 cm sont suffisants pour empêcher un déchaussement des cocotiers avant la fin de leur cycle économique. Aussi avons-nous mis en place une deuxième expérience : RS ES 47, où l'on compare la croissance de cocotiers plantés respectivement à 15, 25 et 35 cm de profondeur. Les premiers résultats d'observations de croissance en première année de plantation montrent un effet dépressif de la profondeur de plantation au-delà de 15 cm, mais il est bien entendu trop tôt pour conclure, sachant que d'autres facteurs (résistance à la verse, au déchaussement) vont intervenir à moyen et long terme.

Pour le moment, nous en restons à une profondeur de plantation de 15 cm de tourbe compactée au-dessus de la base du collet.

— treatment B : polybag in the bottom of the hole, 5 cm of peat above the nut.

Table IV shows that not only is young coconut growth not affected by planting at a depth of 15 cm, but in fact the opposite happens : the trees grow better and are — as might be expected — more resistant to gusts of wind. We therefore opted for a standard planting depth of 15 cm.

It could even be wondered whether a depth of 15 cm is enough to prevent the roots becoming exposed before the end of the trees' economic lifespan. We therefore set up a second trial : RS ES 47, comparing the growth of coconuts planted at depths of 15, 25 and 35 cm. The first results of growth observations during the first year show that planting at depths of more than 15 cm has an adverse effect, but it is obviously too early to reach a final conclusion, given that other factors (resistance to being blown down by the wind or to root exposure) are bound to intervene sooner or later.

For the time being, we plan to keep to a planting depth of 15 cm of compacted peat above the base of the collar.

## ENTRETIEN DES JEUNES COCOTIERS

### Couverture du sol

Après abattage de la forêt primaire, le recrû est constitué d'un mélange de fougères : *Nephrolepis* sp., *Atrium* sp., *Blechnum* sp., la première des trois étant largement dominante. Une fois la préparation du terrain achevée, il faut environ deux ans pour que les fougères recouvrent complètement le sol.

Pour ne pas entraver le développement des cocotiers, peut-on conserver la couverture naturelle constituée par les fougères, ou bien doit-on éliminer celle-ci au profit d'une couverture de légumineuses utilisée habituellement sur sol minéral ? Pour répondre à cette question, nous avons mis en place deux expériences :

— RS ES 21 : comparaison de divers types de couverture sur tourbe profonde (Tabl. V) ;

— RS ES 26 : installation d'une couverture de *Pueraria javanica* sur tourbe profonde.

Le tableau V montre que jusqu'à présent (trois ans et demi après plantation), il n'y a aucun effet dépressif des fougères, ni sur la croissance végétative, ni sur la précocité de floraison des cocotiers.

L'essai RS ES 26 a montré que l'installation d'une couverture de *Pueraria javanica* n'était possible qu'aux conditions suivantes : semis des graines sur la tourbe compactée, application d'un mélange d'engrais d'au moins 500 kg/ha.

## UPKEEP OF YOUNG COCONUTS

### Soil cover

After the primary forest is felled, regrowth consists of a mixture of ferns : *Nephrolepis* sp., *Atrium* sp., *Blechnum* sp., the first of which is largely predominant. Once land preparation is completed, it takes around two years for the ferns to cover the soil entirely.

So as not to hinder coconut development, can the natural cover constituted by the ferns be kept, or should it be eliminated and replaced with a legume cover crop, as usually used on mineral soils ? We set up two experiments to look at this :

— RS ES 21 : comparison of various types of cover crop on deep peat soils (Table V) ;

— RS ES 26 : setting up a *Pueraria javanica* cover crop on deep peat soils.

Table V shows that to date (three and a half years after planting), the ferns have had no adverse effects on either the vegetative growth or flowering precocity of the trees.

Trial RS ES 26 showed that it was only possible to set up a *Pueraria javanica* cover crop under the following conditions : sowing on compacted peat, application of at least 500 kg/ha of

**TABLEAU IV.** — RS ES 12 : croissance et stabilité des jeunes cocotiers en fonction de la profondeur de plantation —  
(RS ES 12 : young coconut growth and stability depending on planting depth)

Traitement (Treatment)	Circonférence au collet (cm) à 39 mois (Root bulb girth - cm - at 39 months)	Pourcentage d'arbres sexués à 39 mois (Percentage of sexed trees at 39 months)	Pourcentage d'arbres penchés (> 45°) à 24 mois (Percentage of leaning trees - > 45° - at 24 months)
T (15 cm)	139 a	81 %	0,6 % b
A (5 cm)	132 b	74 %	8,8 % a
B (5 cm)	132 b	71 %	5,6 % a

**TABLEAU V.** — RS ES 21 : croissance des jeunes cocotiers en fonction de la couverture du sol (1) — (*RS ES 21 : young coconut growth depending on soil cover*)

		Traitement ( <i>Treatment</i> )	Circonférence au collet (cm) à 36 mois ( <i>Root bulb girth - cm - at 36 months</i> )	% d'arbres sexués à 36 mois ( <i>Percentage of sexed trees at 36 months</i> )	Nombre moyen de noix par régime à l'aisselle de la feuille 14 à 39 mois (3) ( <i>Mean no. of nuts per bunch on Leaf 14 at 39 months</i> )	Taux de couverture du sol à 24 mois ( <i>Soil coverage rate at 24 months</i> )
Nom ( <i>Name</i> )	Nature ( <i>Nature</i> )					
A	Recrû naturel (2) ( <i>Natural regrowth</i> )		119	67 %	1,4	93 %
B	<i>Nephrolepis</i> sp. seulement ( <i>Nephrolepis sp. only</i> )		117	82 %	1,6	90 %
C	<i>Atrium</i> sp. seulement ( <i>Atrium sp. only</i> )		117	70 %	0,9	46 %
D	<i>Blechnum</i> sp seulement ( <i>Blechnum sp. only</i> )		125	76 %	1,7	62 %
E	Plantes autres que B, C, D ( <i>Plantes other than B, C, D</i> )		130	86 %	1,5	36 %
F	Témoin sol nu ( <i>Bare soil control</i> )		126	80 %	1,4	0 %

(1) Etant entendu que le rond des cocotiers est nettoyé dans tous les objets — (*Assuming that the circle is cleared in all treatments*).

(2) *Nephrolepis* sp. dominante — (*Nephrolepis sp. predominant*).

(3) Sur tous les arbres utiles — (*On all the useful trees*).

Test F 5 % non significatif sur les variables analysées — (*F 5 % not significant for the variables analyzed*).

comprenant urée, sulfate de cuivre et sulfate de fer. A ces conditions, la légumineuse rampante peut se développer ; encore faut-il l'entretenir très régulièrement, faute de quoi les fougères reprennent vite l'avantage. De plus, *Pueraria javanica* ne semble pas fixer l'azote atmosphérique : la couleur des feuilles est vert pâle et il n'y a pratiquement pas de nodules sur les racines, même lorsqu'on inocule les graines avec le rhizobium associé.

Ces deux expériences montrent donc qu'il est superflu de s'acharner à établir une couverture de légumineuses rampantes : d'une part il n'y a aucun effet nocif de la couverture naturelle de fougères sur le développement des cocotiers, d'autre part le coût d'établissement et de maintien d'une couverture de légumineuses rampantes serait prohibitif, pour un résultat aléatoire (pas ou peu de fixation d'azote atmosphérique assurée à ce jour).

Dans la plantation commerciale, on laissera donc se développer la couverture naturelle de fougères dans les interlignes non compactés. la couverture est suffisamment dense pour contrôler les adventices telles que *Imperata cylindrica* ou *Mikania micranta*. On entretient cependant libre de fougères le rond des cocotiers et un sentier d'environ deux mètres de large sur la ligne de plantation, pour faciliter la circulation des ouvriers (Fig. 10).

### Désherbage

La surface à désherber représente environ 23 m<sup>2</sup> par cocotier, soit 23 x 173 = 0.4 ha par ha de plantation, soit 40 % de la surface (NB : le chiffre de 173 représente le nombre de cocotiers à l'hectare réel, c'est-à-dire la densité de plantation : 179 a/ha, moins la surface occupée par les canaux, pistes et villages).

a fertilizer blend containing urea, copper sulphate and iron sulphate. Under these conditions, this creeping legume can develop, but even then, it needs very regular upkeep, otherwise ferns quickly gain the upper hand. Furthermore, *Pueraria javanica* does not appear to fix atmospheric nitrogen : the leaves are pale green and there are virtually no nodules on the roots, even when the grains are inoculated with the appropriate rhizobium.

These two experiments therefore show that there is no point trying to set up a creeping cover crop : the natural fern cover has no adverse effect on coconut development and the cost of establishing and maintaining a creeping legume cover crop would be prohibitive, with unpredictable results (little or no atmospheric nitrogen fixation has been observed to date).

In the commercial plantation, the natural fern cover will therefore be allowed to develop in the non-compacted interrows : the cover is sufficiently dense to control weeds such as *Imperata cylindrica* or *Mekania micranta*. However, the coconut circle will be kept clear of ferns, as will a strip roughly two metres wide along the planting row, to enable workers to move easily around the plantation (Fig. 10).

### Weeding

The area to be weeded is around 23 m<sup>2</sup> per tree, i.e. 23 x 173 = 0.4 ha per ha of planting, i.e. 40 % of the area (NB : 173 is the true number of trees per hectare, i.e. the planting density — 179 trees/ha — minus the area covered by canals, tracks and villages).



TABLEAU VI. — RS ES 39 : essai herbicides — (RS ES 39 : herbicide trial)

Traitement (Treatment)		Concentration du produit commercial (Commercial product concentration)	Dose de solution appliquée (Solution dose applied)	Fréquence (Frequency)
Matière active (Active ingredient)	Produit commercial (Commercial product)			
Asulam (Asulam)	Asulox (400 g/l m.a.) (Asulox - 400 g a.i./l)	20 cc Asulox par litre de solution (20 cc of Asulox per litre of solution)	667 l/ha traité (667 l/ha treated)	A1 : tous les 3 mois A2 : tous les 6 mois (A1 : every 3 months) (A2 : every 6 months)
Glyphosate (Glyphosate)	Round-up (360 g/l m.a.) (Round-Up - 360 g a.i./l)	6 cc Round-up par litre de solution (6 cc of Round-Up per l of solution)	667 l/ha traité (667 l/ha treated)	B1 : tous les 3 mois B2 : tous les 6 mois (B1 : every 3 months) (B2 : every 6 months)
Diuron et Paraquat (Diuron and Paraquat)	Dynex (80 % m.a.) et Gramoxone (200 g/l m.a.) (Dynex - 80 % a.i. - and Gramoxone - 200 g a.i./l)	3 g Dynex et 4.5 cc Gramoxone par litre de solution (3 g of Dynex and 4.5 cc of Gramoxone per l of solution)	667 l/ha traité (667 l/ha treated)	C1 : tous les 3 mois C2 : tous les 6 mois (C1 : every 3 months) (C2 : every 6 months)
Témoin : rabattage manuel (Control : manual slashing)		—	—	Tous les 3 mois (Every 3 months)

Le coût du contrôle manuel (rabattage périodique des pieds de fougères au niveau du sol, à la machette) est élevé. En effet, les fougères repoussent très vite après rabattage, et une fréquence de cinq à six passages par an est un minimum pour assurer une propreté acceptable. Nous avons donc cherché une méthode de contrôle plus économique.

L'essai herbicide RS ES 39 a comparé l'efficacité de trois herbicides sur des parcelles de 30 m<sup>2</sup> recouvertes de fougères (Tabl. VI).

Après 9 mois, les trois herbicides se sont révélés plus efficaces que le désherbage manuel (il y a 2 à 3 fois moins de souches de fougères vertes par mètre carré), le plus économique étant le Round-up. Nous avons calculé que deux passages annuels au Round-up (concentration : 2 l round-up/ha traité, dose : 300 l solution/ha traité) coûtaient 30 % moins cher que cinq rabattages annuels. Le round-up présente en outre l'avantage d'être peu dangereux pour les manipulateurs et pour l'environnement.

Il est, par conséquent, recommandé d'utiliser cet herbicide pour le contrôle des fougères dans le rond et sur la ligne de plantation, à partir de quatre ans. Des essais complémentaires seront nécessaires pour affiner concentration et dose du produit utilisé, mais aussi pour tester d'autres matières actives contre des adventices secondaires qui se développent après l'élimination des fougères : *Imperata cylindrica* et surtout *Mikania micrantha*. On envisage d'inclure une autre matière active dans la solution, de façon à obtenir un plus large spectre d'action sans augmenter la fréquence de passage.

#### Maladies et ravageurs

Ce point fera l'objet d'un article particulier. On notera seulement ici que le ravageur principal de la cocoteraie de Pulau Burung est une espèce de termite : *Coptotermes curvignathus*, qui peut causer des dégâts considérables.

#### CONCLUSION

Les principaux problèmes posés par l'aménagement et la mise en valeur des tourbes profondes pour la culture du cocotier ont été résolus dans le cadre de ce projet. Les

Manual control (regular fern slashing to ground level, using machetes) is costly. The ferns grow back quickly after slashing, and at least five or six slashing rounds have to be carried out each year to ensure effective clearance. We therefore looked for a more economical control method.

Herbicide trial RS ES 39 compared the effectiveness of three herbicides on 30 m<sup>2</sup> plots covered with ferns (Table VI).

After 9 months, the three herbicides proved to be more effective than manual weeding (2 or 3 times fewer green fern stocks per square metre), the most economical being Round-Up. We calculated that two rounds per year using Round-Up (concentration : 2 l of Round-Up/ha treated, dose : 300 l of solution/ha treated) cost 30 % less than five annual slashing rounds. Round-Up also has the advantage of being safe for handlers and the environment.

It is therefore recommended that this herbicide be used for fern control in the circle and along the planting row, from four years onwards. Further trials will be necessary to adjust the product concentration and dose used, but also to test other active ingredients against secondary weeds that develop after fern elimination : *Imperata cylindrica*, and particularly *Mekania micrantha*. There are plans to add another active ingredient to the solution, so as to achieve a wider-ranging effect without increasing round frequency.

#### Diseases and pests

This point will be dealt with in a separate article. However, it is worth noting that the main pest affecting the Pulau Burung coconut plantation is a termite : *Coptotermes curvignathus*, which can cause considerable damage.

#### CONCLUSION

The main problems posed by the development and improvement of deep peat soils for coconut growing have been solved in this project. Drainage, land preparation and water table

techniques de drainage, de préparation du terrain et de contrôle de la nappe phréatique sont opérationnelles et donnent à ce jour entière satisfaction. Les recherches ont été également orientées dès les premières plantations vers la solution des problèmes phytosanitaires et agronomiques spécifiques de ce milieu très particulier. Une importante expérimentation leur est consacrée depuis 1987 notamment en matière de nutrition minérale et de fertilisation. Les résultats sont utilisés au fur et à mesure pour les besoins du projet. Ils seront publiés dans un prochain article.

*control techniques are now operational and have proved entirely satisfactory to date. From the very first plantings, research was also geared towards solving the phytosanitary and agricultural problems specific to this very particular medium. Numerous experiments have been carried out on this since 1987, particularly on mineral nutrition and fertilization. The results are used by the project as and when they are obtained, and will be published in a future article.*

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] ANDRIESSE, J.P. (1974) The characteristics, agricultural potential and reclamation problems of tropical lowland peats in South East Asia. Koninklijk Instituut Voor de Tropen. Amsterdam - 1974.
- [2] CHASON, D.B. - SIEGEL, D.I. (1986) Hydraulic conductivity and related physical properties of peat, lost river peatland, northern Minnesota. *Soil science*, **142** (2), August 1986, 91-99.
- [3] GURMIT SINGH - TAN YAP PAU - RAJAH PADMAN, C.V. - LEE FOO WAH. (1986). Experiences on the cultivation and management of oil palms on deep peat in United Plantations Berhad 2nd International Soil Management Workshop, Head Yai, Thailand, April 1986.
- [4] JOSEPH, K.T., CHEW, W.Y., TAY, T.H. (1974) : Potential of peat for agriculture. MARDI, Malays Agric Res Dev. Inst., Serdang, Selangor, Malaysia, 1974, 1-16.
- [5] LEONG, A.C. (1986) : Asparagus cultivation on peat. Management course on asparagus cultivation. Johore July 1986.
- [6] PARBERY, D.B. - VENKATACHALAM, R.M. (1964) Chemical analysis of South Malayan peat soil *Journal of tropical geography*, **18**, 125-133
- [7] PUTU, G. (1988) : Physical and chemical characteristics of peat soils in Indonesia. *IARD journal*, **10** (3), 59-64
- [8] TAYEB MOHD, HJ DOLMAT - HJ ABDUL HALIM HASSAN - ZIN, Z., ZAKARIA. (1982) : Development of peat soil for oil palm planting in Malaysia, Johor Barat Agricultural Project as a case study. *PORIM Bulletin* (5), 1-17.

## RESUMEN

### Implantación de un cocotal en turba profunda

R. OCHS, A. DE BENGNY, X. BONNEAU, *Oléagineux*, 1992, **47**, N° 1, p. 9-22.

El aprovechamiento agrícola de las turbas profundas plantea problemas especiales, por tratarse de un soporte muy distinto de los suelos minerales acostumbrados. Se trata de una acumulación en 4 a 6 m de espesor de materia vegetal escasamente descompuesta, ahogada en una capa de agua que aflora. Las técnicas de acondicionamiento han sido elaboradas en una plantación de cocoteros realizada por la empresa Riau Sakti United Plantations, en la provincia de Riau, en Indonesia. La estructura del proyecto se establece siguiendo a la red de drenaje, con canales primarios perpendiculares a la orilla del mar, que recogen las aguas de los canales secundarios abiertos en ángulo recto con equidistancia de 500 m, entre los cuales se hallan dispuestas las parcelas de 50 ha (500 x 1 000 m) que sirven de unidad. Por último, estas parcelas son drenadas por canales terciarios estrechos y de un metro de profundidad, paralelos a las futuras hileras de cocotero, y que distan 112 m unos de otros. El nivel freático se controla a 70 cm de profundidad con puertas de altura regulable dispuestas en los canales secundarios. La selva se tumba y las maderas que no se emplean como madera de construcción se queman lo mejor posible. Las maderas restantes se apilan con buldozer de tipo D6, provistos de orugas de 90 cm para despejar la hilera de siembra. Luego la turba drenada se compacta pasándose un rodillo de 10 toneladas provisto de « patas de cabras », que deprime la turba en unos 50 cm y en 3 m de ancho en el eje de la futura hilera. Esta compactación estabiliza el soporte y evita que los cocoteros queden descalzados más adelante bajo el efecto de la subsidencia natural. La siembra se hace a 15 cm de profundidad por el mismo motivo, y con densidad de 179 cocoteros por hectárea (8 m en la hilera y 7 m entre hileras). Si no se puede implantar una cobertura de leguminosas rastreras, se cubre la entrelinea con un rebrote natural de helechos sin efecto depresivo en el crecimiento de los cocoteros. Los helechos se controlan sólo en un círculo alrededor de los cocoteros y en una calle a lo largo de la hilera de siembra ; el mejor resultado hasta la fecha se obtiene con roundup.

**Palabras claves.** — Cocotero, suelo turboso, Sumatra, técnicas de cultivo.